



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학 석사 학위논문

**2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정에
따른 생명과학 I 교과서의 개념 관계망 비교:
생명의 연속성 단원을 중심으로**

**Comparison of Conceptual Networks in Biology I
Textbooks under the 2009 and the 2015 Revised
Science Curriculum: Focused on Continuity of Life**

2019년 8월

서울대학교 대학원

과학교육과 생물전공

이 주 연

**2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정에
따른 생명과학 I 교과서의 개념 관계망 비교:
생명의 연속성 단원을 중심으로**

**Comparison of Conceptual Networks in Biology I
Textbooks under the 2009 and the 2015 Revised
Science Curriculum: Focused on Continuity of Life**

지도교수 김 영 수

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함
2019년 6월

서울대학교 대학원
과학교육과 생물전공
이 주 연

이주연의 석사 학위논문을 인준함
2019년 7월

위 원 장 _____ (인)

부위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

국문초록

본 연구에서는 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정을 비교하고 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원에 대한 개념 관계망을 비교 분석하였다. 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정에 따른 생명과학 I 교과서를 3종씩 선정하고 분석 대상 단원에 포함된 내용에 대한 개념 관계망을 만들어 비교 분석함으로써 교육과정 개정에 따른 교과서 내용의 변화를 알아보았다.

연구 결과는 다음과 같다.:

첫째, 2015 개정 과학과 교육과정은 2009 개정 과학과 교육과정에서 일부 내용을 삭제하고 핵심 개념 및 일반화된 지식을 도입하여 생명과학 I 생명의 연속성 영역에 대한 내용의 집중도를 높였다. 이에 따라 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원 내 개념 수, 개념 간의 연결 수도 감소하여 학생들이 해당 단원을 통해 학습해야 하는 생물학 지식의 양이 감소하였다. 교사는 이러한 학습 내용과 학습량의 변화를 인지하고 교수학습활동을 구성해야 한다.

둘째, 교육과정 개정에 따라 교과서의 개념 관계망의 개념군의 종류, 학습 내용 및 허브 개념이 바뀌었다. 교사들은 교과서에서 다루고 있는 생명의 연속성 내용이 어떤 하위 개념군으로 이루어져 있는지 파악하고 교육과정 개정에 따라 개념군을 이동한 개념들, 특히 허브 개념의 이동을 고려한 교수학습활동을 준비할 필요가 있다.

셋째, 교육과정 개정에 따라 교과서의 주요 개념과 주요한 개념 간의 관계가 달라졌다. 주요 개념과 주요 관계는 교사가 생명의 연속성 내용을 설명할 때 반복해서 언급하는 내용이므로 교사는

주요 개념의 빈도 비율과 중심성의 변화를 이해하고 높은 빈도로 등장하는 관계들을 파악할 필요가 있다.

넷째, 교육과정 개정에 따라 2015 개정 과학과 교육과정에서 새롭게 도입된 핵심 개념들의 빈도 비율과 중심성 지수가 증가하였다. 그러나 핵심 개념 중 일부 개념은 빈도 비율과 중심성 지수가 여전히 낮아 주요 개념의 지위를 갖지 못하였다. 교사는 핵심 개념들 중 중요도가 낮아 주요 개념의 지위를 갖지 못한 개념들을 파악하여 교수학습 준비 과정에 반영할 필요가 있다.

본 연구를 통해 얻어진 과학과 교육과정의 개정 내용 분석 결과 및 교육과정에 따른 교과서의 개념 관계망 분석 결과는 교사들에게 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 주요 개념, 주요 관계 및 하위 개념군에 대한 개관을 제공함으로써 생명과학 학습 내용의 지식 구조를 보여줄 수 있다. 또한 교수학습 전략을 세우는데 기초 자료로 활용할 수 있으며, 2015 개정 교과서의 생명의 연속성 단원에 대한 연계성 분석의 기초 자료로도 활용될 수 있을 것이다.

주요어 : 과학과 교육과정, 교과서, 생명과학 I, 생명의 연속성, 개념
관계망

학 번 : 2014-22856

목 차

국문초록	i
목 차	iii
표 목 차	v
그림목차	vii
 I. 서론	 1
1. 연구의 필요성 및 목적	1
2. 연구 내용	4
3. 연구의 제한점	5
 II. 이론적 배경	 6
1. 생명의 연속성	6
2. 개념 관계망 분석	6
 III. 연구 방법	 14
1. 분석 대상 교과서	14
2. 분석 도구	15
3. 연구 절차	16
 IV. 연구 결과 및 논의	 17
1. 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정의 생명과학 I 내용 비교	17

1) 교육과정 성격 및 목표 비교	17
2) 교육과정 내용 체계 비교	19
2. 교육과정의 개정에 따른 생명과학 I 교과서의	
개념 관계망 변화	23
1) 교육과정 개정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의	
연속성 단원의 개념 관계망의 구조 비교	23
2) 교육과정 개정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의	
연속성 단원의 개념 관계망의 개념군의 특성 비교	25
3) 교육과정 개정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의	
연속성 단원의 개념 관계망의 주요 개념 비교	31
4) 교육과정 개정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의	
연속성 단원의 개념 관계망의 주요 관계 비교	38
5) 2015 개정 교육과정의 핵심 개념 도입에 따른	
생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의	
핵심 개념의 특징 분석	42
 V. 결론 및 제언	 44
 VI. 후속 연구 과제	 46
 참고문헌	 47
Abstract	50

표 목 차

<표 1> 분석 대상: 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정 생명과학 I 교과서	14
<표 2> 연구 절차	16
<표 3> 2009 개정과 2015 개정 과학과 생명과학 I 의 생명의 연속성 영역에 대한 내용 체계 비교	19
<표 4> 교육과정 개정에 따른 교과서의 개념 관계망의 구조적 특성	23
<표 5> 교육과정 개정에 따른 교과서의 개념 관계망의 평균 연결 정도와 평균 가중 연결 정도	25
<표 6> 2009 개정 과학과 교육과정에 따른 교과서의 개념 관계망의 개념군	26
<표 7> 2015 개정 과학과 교육과정에 따른 교과서의 개념 관계망의 개념군	26
<표 8> 교육과정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망의 빈도 비율에 대한 상위 개념 15개	32
<표 9> 교육과정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망의 연결 중심성에 대한 상위 개념 15개	32
<표 10> 교육과정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망의 위세 중심성에 대한 상위 개념 15개	33
<표 11> 교육과정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망의 사이 중심성에 대한 상위 개념 15개	33

<표 12> 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정의 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성에 대한 주요 개념	35
<표 13> 교육과정 개정에 따른 교과서의 개념 관계망의 상위 22개 관계에 중복되어 포함된 개념 간의 관계	39
<표 14> 교육과정 개정에 따라 교과서의 개념 관계망의 상위 22개 관계에서 탈락한 개념 간의 관계	40
<표 15> 교육과정 개정에 따라 교과서의 개념 관계망의 상위 22개 관계에 추가된 개념 간의 관계	40
<표 16> 개념 관계망 내 핵심 개념의 빈도 비율과 중심성 지수 변화	42

그 립 목 차

<그림 1> 개념관계분석 프로그램의 문장 분석 화면	15
<그림 2> 개념 관계망 분석 프로그램의 개념 관계망 분석 화면	16
<그림 3> 2009 개정 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망	28
<그림 4> 2015 개정 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망	29
<그림 5> 2009 개정 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 주요 개념 관계망	36
<그림 6> 2015 개정 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 주요 개념 관계망	37

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

수시로 개정되는 교육과정에서 내용의 선정 기준을 위한 연구가 부족하고 타당한 기준 없이 내용의 감축과 난이도 조정이 지속되면서 교사들이 교육과정의 내용 변화와 개념의 계열성 및 위계에 대한 이해 부족으로 수업에 어려움을 겪어 왔다(이재봉, 김용진, 백성혜, 이기영, 2010; 남수경, 이근호, 송경오, 2010). 이러한 문제를 해소하기 위해서는 과학교육의 각 영역에서 꼭 가르쳐야 하는 핵심 개념을 선정하고 그 내용들이 어떻게 교육과정 속에서 연계되어야 하는지에 대한 연구가 이루어질 필요가 있다. 생물학의 내용을 핵심 개념으로 구조화하여 교육과정을 만들면 생물학의 체계적인 구조를 보여줄 수 있고 이를 통해 생물학 지식에 대한 학생들의 이해와 유의미 학습을 도울 수 있다(Kinchin, 2011). 유의미 학습을 통해 학생이 생명과학에 대해 체계화된 인지 구조를 가지면 지식의 활용 능력과 학생의 창의성 또한 신장될 수 있다(김영수, 2010). 2015 개정 교육과정은 이러한 문제를 보완하기 위해 핵심 개념을 중심으로 학습 내용을 구조화하여 교과 내용을 제시하고 내용의 계열성에 대한 안내를 추가하였다(교육부, 2015).

생명과학에 대해 체계화된 인지 구조를 갖게 되는 유의미 학습이 일어나기 위해서는 학교 현장에서 사용되는 교수학습 자료인 교과서에도 핵심 개념을 중심으로 체계화된 생물학의 지식 구조가 반영되는 것이 중요하다(박형용, 2016). 교육과정에서 제시된 내용 체계는 학교 현장에서 가장 중심이 되는 학습 자료인 교과서로 구체화된다(DeLeuil, 1998; 최경희, 1997; Wellington & Osborne, 2001). 2009 개정 교육과정부터 과학 교과서를 인정도서로 변경하여 집필자가 교육과정의 내용 체계를 토대로 교과서의 세부적인 내용을 자신이 세운 기준에 따라 구성 및 배치하도록

하고 있다(한국교육과정평가원, 2013). 따라서 교육과정이 제시한 교과 내용을 구체화하여 만들어지는 학습 자료이자 교사가 교수 활동 준비를 위해 활용하는 교과서가 교육과정의 내용을 토대로 체계적인 지식 구조를 이루고 있는지 확인할 필요가 있다.

교과서 내 개념들이 체계적으로 구성되었는지 확인하기 위한 내용 분석 방법 중 최근 양적 내용 분석 방법의 새로운 유형으로 개념 관계망 분석을 이용한 교과서 분석 연구가 이루어지고 있다. 한 문장에 동시에 출현하는 개념들을 node로, 개념들의 연결을 edge로 하여 빈도를 반영한 개념 관계망을 시각화하고 이에 따른 중심성 지수를 분석하는 이 방법을 이용하여 2009 개정 과학과 교육과정에 따른 교과서 내용을 분석한 연구들이 다수 이루어졌다(김미희, 박형용, 김영수, 2018; 박형용, 2016; 박형용, 김미희, 김영수, 2018; 이진경, 박형용, 김영수, 2017; 이민지, 박형용, 김영수, 2018).

과학교과 중 분석을 위한 과목으로 생명과학 I 을 선정하였으며, 초등학교에서부터 고등학교까지 모든 학교급에서 다루는 생명의 연속성 단원을 분석 단원으로 선정하였다. 해당 단원은 중학교에서부터 생명과학 II 까지 학습량의 급격한 변화 없이 적절한 수준의 학습량을 유지하고 있다(박형용, 2016). 또한 생명과학 I 의 생명의 연속성 단원은 이전 학교급에서 다루지 않았던 내용이 추가되어 단계적으로 심화되는 발전적 연계성과 새롭게 추가되는 내용의 학습을 위해 이전 학교급에서 배운 내용이 반복되는 특징을 가진다.

본 연구에서는 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정을 비교하고 개념 관계망 분석 방법을 이용하여 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원에 대한 개념 관계망을 비교 분석하였다.

본 연구를 통해 분석된 2015 개정 과학과 교육과정의 개정 내용과 생명과학 I 의 생명의 연속성 단원에 대한 내용은 교사의 교수학습 활동 준비 과정과 학생의 유의미 학습에 도움이 되는 기초 자료로 활용할 수 있다. 또한 2015 개정 과학과 교육과정의 중학교 과학 교과서와 고등학교

통합과학, 생명과학Ⅱ 교과서의 생명의 연속성 단원과의 연계성을 연구하는데 기초 자료로 활용될 수 있다.

2. 연구 내용

본 연구에서는 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정을 비교 분석하고 개념 관계망 분석 방법을 이용하여 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원에 대한 개념 관계망을 비교 분석하였다.

이에 따른 연구 내용은 다음과 같다.

- 1) 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정의 생명과학 I 내용 비교
- 2) 교육과정의 개정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망 변화 비교 분석

3. 연구의 제한점

본 연구의 목적은 교육과정의 개정에 따라 교과서에서 나타나고 있는 개념의 체계를 개념 관계망 분석을 통해 비교 분석하고 그 차이를 확인하는 것이다. 교육과정별로 3종의 교과서를 분석하였으나 교육과정 내 모든 생명과학 I 교과서를 분석한 것이 아니기 때문에 모든 교과서의 내용을 반영하지 못하였고 교과서 내용 중 탐구 활동 내용을 제외하고 분석하였기에 선정한 교과서의 모든 내용을 반영한 교과서 내용 비교 분석이 아니라는 제한점이 있다.

또한 본 연구에서 교육과정의 내용 분석과 개념 관계망 분석을 위해 개념을 추출하고 선정하는 과정에서 연구자의 주관에 배제하고자 하였으나 개념 선정 과정과 개념 관계망을 시각화하는 과정에서 연구자의 주관을 완전히 배제하지 못했다는 한계점이 있다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. 생명의 연속성

생명의 연속성은 생명이 탄생하여 현재에 이르기까지의 계속적인 과정을 담고 있다(안주현, 전상학, 2015). 생명의 연속성에는 생식과 발생, 유전, 진화 등 다양한 생명과학 영역이 포함되며 생명의 연속성 내용은 중등 교육과정에서 생명과학의 주된 학습 내용으로 꾸준히 다루어졌다. 생명의 연속성 내용은 생명과학 분야에서 연계학습 및 통합 교육이 이루어져야 할 중요한 주제이며 생명의 연속성 단원의 통합적 이해를 높이기 위해 교육과정 및 교과서에서 생명의 연속성의 하위 주제 간 긴밀한 관련성을 파악할 필요가 있다.

학생들은 2015 개정 과학과 교육과정을 통해 초등학교에서 동식물의 한살이에 대해, 중학교에서 염색체, 체세포 분열 및 멘델의 유전 원리에 대해, 고등학교의 통합과학 과목에서 생명체 주요 구성 물질과 유전자에 대해 학습한다. 이후 일반 선택 과목에 해당하는 생명과학Ⅰ과 진로 선택 과목에 해당하는 생명과학Ⅱ를 선택할 경우 생명의 연속성 단원에서 앞서 배운 내용들과 연계되고 심화된 내용을 학습하게 된다.

2. 개념 관계망 분석

1) 개념 관계망

과학 지식은 학습을 통해 학습자의 인지 구조에서 특정 주제와 관련된 개념들이 서로 연결되고, 그 연결을 통해 하나의 네트워크를 이루면서 의미가 형성된다(diSessa, 2013). 학습자의 인지 구조 뿐만 아니라 교수학습 자료인 교과서에서도 개념들이 서로 연결되고 그 연결을 통해 하

나의 네트워크를 이루면서 과학 지식을 형성한다. 개념이 이루고 있는 네트워크에 대한 명칭은 의미망(Drieger, 2013), 언어네트워크(Popping, 2003), 개념 관계망(박형용, 2016) 등 학자마다 다른 용어를 사용하고 있다. 본 연구에서는 교과서에 있는 문장들을 용어, 기호 등이 아닌 개념으로 분석하였고 이러한 개념 사이의 관계, 즉 개념 간의 연결들이 의미를 형성하기 때문에 개념 관계망이라는 용어를 사용하였다.

개념 관계망 분석이란 개념들이 이루는 관계망을 시각화하여 해당 관계망이 가진 특징들을 분석하는 방법으로 생물학 개념들이 구성하는 지식 체계를 확인하는데 유용하다. 개념 관계망은 개념을 나타내는 노드(node)와 개념 간의 관계를 의미하는 연결(edge)로 구성된다. 각 노드는 관계망 형성에 기여하는 정도에 따라 중심성을 갖고 다른 노드와의 연결을 이루는 근접도(proximity)에 의해 관계망에서 특정 위치를 차지한다(Wilkins, 1971). 분석을 통해 시각화된 개념 관계망에서 특정 개념을 중심으로 일부 관계망이 구성되거나 서로 강하게 연결되어 군집을 이루는 경우, 하위 관계망으로 필터링할 수 있으며 이를 개념군이라고 한다.

2) 개념 관계망 분석의 주요 요소와 의미

개념 관계망에 대한 네트워크 분석의 주요 요소와 각 요소들에 대한 양적, 질적 분석의 의미를 정리하였다.

(1) 노드(node)

개념 관계망 분석을 위해서는 교과서 텍스트에 포함되어 있는 개념들을 노드로 전환시켜야 한다. 텍스트에 포함되어 있는 개념들 중 어느 범위까지 노드로 전환시킬 것인지 결정해야 하는데 주어진 텍스트에 있는 모든 개념을 노드로 사용하지 않고 연구 주제와 목적에 적합한 개념들을 선택적으로 추출해 나가는 과정을 통해 범위를 결정한다(박치성, 정지원, 2013).

먼저 텍스트에서 개념을 추출할 때 부가적인 어휘(조사, 부사, 대명사, 일반적 동사, 형용사, stopwords)들을 제외하고 명사나 명사구로 된 개념들만 추출해야한다(Paranyushkin, 2011). 명백하게 같은 의미를 표상하는 서로 다른 어휘들의 경우, 같은 개념으로 코딩될 수 있도록 선작업을 해야 한다. 예를 들어 두 교과서에서 각각 ‘감수 분열’과 ‘생식세포 분열’이라는 단어를 사용한다면 이는 같은 의미를 갖는 개념이므로 ‘감수 분열’을 ‘생식세포 분열’로 코딩해주어야 한다. 또한 동음이의어는 다른 개념으로 코딩될 수 있도록 선작업을 해야 한다. 예를 들어 수량이나 정도가 일정한 기준보다 더 많거나 나음을 의미하는 이상(以上)은 이상1로 정상적인 상태와 다름을 의미하는 이상(異常)은 이상2로 구분하여 이상이라는 단어가 의미가 다른 것들끼리 구분되도록 코딩한다.

이렇게 추출된 개념을 확증적 접근과 탐색적 접근 중 하나를 선택하여 실제 분석에 사용할 노드를 최종 선정한다(Carley, 1997; Carley & Palmquist, 1992). 확증적 접근은 기존의 이론에 따라 분석에 사용할 노드를 선정하는 연역적 방법으로 이미 존재하는 이론적 프레임을 사용하여 노드를 정의하는 방식이다. 반면 이론적 프레임이 존재하지 않거나 탐색의 목적이 강한 연구에서는 탐색적 접근을 사용할 수 있다. 탐색적 접근은 분석 대상 텍스트를 모두 읽거나 양적 내용 분석을 통해 어떤 개념들을 노드로 포함할 것인가를 결정하는 귀납적 방법으로 연구자의 주관적 판단을 최대한 배제하여 노드를 선정할 수도, 연구의 주관적 판단을 크게 하여 노드를 선정할 수도 있다. 연구자의 주관이 개입될 가능성을 최소화하여 연구 결과의 신뢰성을 높이기 위해 추출된 모든 개념을 네트워크 분석 대상으로 삼아 분석할 수도 있다(박치성, 정지원, 2013).

본 연구에서는 연구자의 주관이 개입될 가능성을 최소화하기 위해 탐색적 접근법을 통해 교과서에 나타난 개념들을 최대한 포함하여 노드를 선정하고 필요에 따라 빈도와 중심성 지수 등으로 노드의 범위를 줄여가는 방법을 사용하여 분석하였다. 네트워크 분석적 관점에서 노드는 자신이 등장한 빈도(count)와 해당 노드와 직접 연결된 다른 노드들의 수를 의미하는 연결 정도(degree)를 양적 속성으로 갖는다. 개념을 나타내는

노드는 해당 개념이 네트워크에서 갖는 위치와 빈도 그리고 얼마나 다양한 개념들과 연결되어 있는지에 대한 직관을 제공한다.

(2) 연결(edge)

연결은 개념 간의 관계를 의미하는데 개념 간의 관계를 어떻게 정의하느냐에 따라 개념 관계망 분석에 따른 연결 값이 달라질 수 있다. 두 개념 간의 연결된 정도는 두 개념이 의미적으로 얼마나 가까운지는 나타내는 근접성(proximity)을 조작적으로 정의함으로써 판단할 수 있다(Drieger, 2013; Moody, 1996; Paranyushkin, 2011). 여러 개념 관계망 분석 연구에서 개념간의 근접성을 공출현(co-occurrence)이라는 개념을 사용하여 정의하는데 공출현이란 텍스트 분석 단위인 문장에서 개념들이 함께 등장했을 때 해당 문장에 있는 모든 개념들이 의미적으로 연관되어 있다고 보는 것이다.

본 연구에서는 하나의 문장을 분석 단위로 하여 한 문장에서 같이 쓰인 개념들은 의미적으로 연관되어 있는 것으로 정하였고 각 관계들이 등장하는 빈도에 따라 가중치(weight)를 부여한 방향성 없는 네트워크(undirected network)로 개념 관계망을 구성하였다. 이를 토대로 개념 관계망 분석 시 개념 간의 연결선은 두 개념이 함께 쓰인 문장의 유무를 의미하며 연결선의 가중치가 높을수록 함께 쓰인 정도가 많음을 나타내는 것으로 보았다. 연결의 유무와 연결의 가중치는 개념이 가지는 중심성에 영향을 주며 교과서에서 두 개념과 관련된 내용이 얼마나 많이 본문 내용으로 나타났는지를 보여준다.

(3) 밀도와 지름

밀도는 개념 관계망에서 개념 간의 전체적인 연결된 정도를 나타내며 연결 가능한 모든 관계에서 실제로 맺어진 관계 수의 비율을 의미한다. 개념 관계망의 밀도가 높으면 개념 관계망 내 개념들 사이의 연결이 많

고 전체적으로 개념의 응집력이 높은 것을 의미하고, 반면 개념 관계망의 밀도가 낮으면 비교적 개념들 사이의 연결이 적음을 의미한다.

$$Density = \frac{\sum_{i=1, j=1}^n a(i, j)}{n(n-1)}$$

n : 개념 관계망 내 전체 노드의 수

$a(i, j)$: 개념 i 와 개념 j 가 인접해 연결되어 있으면 $a = 1$, 않으면 $a = 0$

지름은 모든 개념들에 대해 개념 관계망 내 임의의 두 개념 간 사이를 거치는 가장 적은 연결의 수(최단 경로 거리)를 계산했을 때 그 중 가장 긴 거리, 즉 가장 큰 값을 의미한다. 지름이 크면 개념 관계망의 임의의 두 개념이 한 문장에서 사용될 확률이 매우 낮고, 지름이 작으면 임의의 두 개념이 한 문장에 사용될 확률이 높음을 의미하고 직접적으로 연결되어있지 않은 두 개념이지만 의미적으로 가까움을 나타낸다.

(4) 중심성과 허브

중심성(centrality)은 개념 관계망 분석에서는 한 개념이 전체 연결망에서 차지하는 중요도를 나타내는 양적 지표이다. 해당 개념이 관계망의 의미 형성에 기여하는 정도를 질적으로 분석할 수 있는 지표이며 중심성이 두드러지게 높은 개념을 허브(hub)라 한다.

전역적 허브(global hub)는 개념 관계망에서 다른 개념들과 다양하게 연결된 중심 개념으로 연결 중심성은 낮지만 사이 중심성이 높아 개념 관계망의 전체적인 의미를 대표한다고 볼 수 있다. 반면 지역적 허브(local hub)는 특정 맥락에서 자주 언급되는 개념으로 연결 중심성은 높지만 사이 중심성이 낮아 부분적인 의미를 대표한다고 볼 수 있다 (Drieger, 2013; 박형용, 2016).

중심성의 유형은 관점에 따라 여러 가지로 나눌 수 있는데 이 중에서

개념 관계망 분석에 주로 사용되는 연결 중심성(degree centrality), 위세 중심성(prestige centrality), 사이 중심성(betweenness centrality, 중개 중심성, 매개 중심성)을 살펴보면 다음과 같다(Drieger, 2013).

- 연결 중심성

연결 중심성(degree centrality)은 특정 개념과 인접한 개념들과의 관계를 통해 계산된 해당 개념의 중심성 값으로 한 개념이 다른 개념들과 연결된 정도를 중점적으로 보는 지표이다. 연결 중심성은 한 개념에 연결된 다른 개념의 수에 비례하는 특징을 갖기 때문에 크기가 다른 두 개념 관계망을 비교할 때는 표준화된 연결 중심성 지수를 사용하여야 한다.

특정 개념의 연결 중심성은 아래와 같이 정의된다.

$$C_D(i) = \frac{\sum_{j=1}^n a(i,j)}{n-1}$$

n : 개념 관계망 내 전체 노드의 수

$a(i,j)$: 개념 i 와 개념 j 가 인접해 연결되어 있으면 $a = 1$, 않으면 $a = 0$

- 위세 중심성

위세 중심성은 특정 개념과 인접한 개념들의 중요성을 고려한 가중치를 적용하여 계산된 해당 개념의 중심성 값으로 위세 중심성이 높은 개념은 개념 관계망에서 중요한 위치를 차지하고 있다는 것을 의미한다(김용학, 2015). 특정 개념의 위세 중심성은 아래와 같이 정의된다.

$$C_P(i) = \frac{1}{\lambda_i} \sum_{j=1}^n C_P(j) a(i,j)$$

λ_i : 개념 i 의 고윳값(eigenvalue)

$a(i,j)$: 개념 i 와 개념 j 가 인접해 연결되어 있으면 $a = 1$, 않으면 $a = 0$

- 사이 중심성

사이 중심성(betweenness centrality)은 특정 개념이 다른 개념들 사이의 연결을 얼마나 중개하는지 고려하여 계산된 해당 개념의 중심성 값으로 개념 관계망에서 사이 중심성이 높은 개념은 서로 다른 개념군을 연결하는 역할이 큰 개념으로 볼 수 있다(박형용, 2016). 사이 중심성 또한 크기가 다른 두 개념 관계망을 비교할 때는 표준화된 사이 중심성 지수를 사용하여야 한다. 특정 개념의 사이 중심성은 다음과 같이 정의된다(Freeman, 1977).

$$C_B(i) = \frac{\sum_{j < k} N(p_{jk}(i)) / N(p_{jk})}{(n-1)(n-2)/2}$$

n : 개념 관계망 내 전체 노드의 수

$N(p_{jk})$: 개념 관계망 내에서 개념 j 와 개념 k 사이에 존재하는 최단 경로에 대한 모든 경우의 수

$N(p_{jk}(i))$: 개념 관계망 내에서 개념 j 와 개념 k 사이에 존재하는 최단 경로 중 개념 i 를 경유하는 경우의 수

(5) 개념군과 군집 분석

개념군은 개념 관계망에서 개념들 간의 관계가 부분적으로 밀집되어 상대적으로 연결이 많지 않은 개념들과는 지역적으로 구분되는 개념의 집단을 말한다(Newman, 2006). 개념군은 강하게 연결되어 있는 단어들의 그룹을 나타내고 이를 통해 특정 주제를 나타내는 개념들을 찾아낼 수 있다. 또한 한 개념군 내의 지역적 허브(hub)가 다른 개념군들을 중개 및 보완해주는 역할을 하여 주제들이 지역적 허브를 통해 어떻게 연결되어 있는지 알아낼 수 있다(Drieger, 2013).

전체 개념 관계망은 다양한 하위 집단에 의해 구성 되어 있다는 가정 하에 귀납적으로 하위 집단을 도출하는 다양한 알고리즘이 개발되었고 그 중 본 연구에서는 Newman(2006)이 개발한 모듈성 계산 알고리즘을

사용하였다. Newman이 개발한 모듈성 값(Q)은 음, 양의 값이 모두 가능하다. 모듈성 값(Q)이 양이고 그 값이 클수록 개념 관계망 안에 군집 구조가 존재할 가능성이 커지기 때문에 Q값이 양이고 최대일 때의 개념 군 수를 해당 개념 관계망의 개념군 수로 본다.

개념 관계망 분석에서 커뮤니티의 구조를 분석하는 것은 맥락적 군집(contextual cluster)(Paranyushkin, 2011)을 이루는 개념군을 파악하여 맥락적 군집들이 앞서 논의한 중심성을 가진 허브(hub) 개념들과 함께 어떤 의미를 구성하고 있는지를 파악할 수 있게 해준다(Drieger, 2013).

개념 관계망 분석 프로그램에서 모듈성을 계산하여 개념군을 나눌 때 프로그램이 임의의 네트워크 그룹을 선정하여 모듈성을 계산하고 그 중 최솟값을 안내하는데 계산할 때마다 소수점 셋째자리 변화가 있어 본 연구에서는 모듈성 계산 10회 실시 후 모듈성 값이 가장 크게 나온 경우를 가지고 개념군을 분석하였다.

Ⅲ. 연구 방법

본 연구에서 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정을 비교 분석하고 교육과정 개정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원을 분석한 연구 방법은 다음과 같다.

1. 분석 대상 교과서

2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정의 생명과학 I 교과서는 인정도서이기 때문에 출판사와 집필진에 따라 내용의 구성과 제시 방법이 다를 수 있어 본 연구에서는 교육과정별로 3종의 교과서를 분석 대상으로 정하였다. 분석 대상 교과서는 <표 1>와 같다.

<표 1> 분석 대상: 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정 생명과학 I 교과서

교육과정	교과서	출판사	저자
2009 개정 과학과 교육과정	생명과학 I	(주)비상교육	심규철 외
	생명과학 I	(주)천재교육	이준규 외
	생명과학 I	(주)교학사	권혁필 외
2015 개정 과학과 교육과정	생명과학 I	(주)비상교육	심규철 외
	생명과학 I	(주)천재교육	이준규 외
	생명과학 I	(주)교학사	권혁필 외

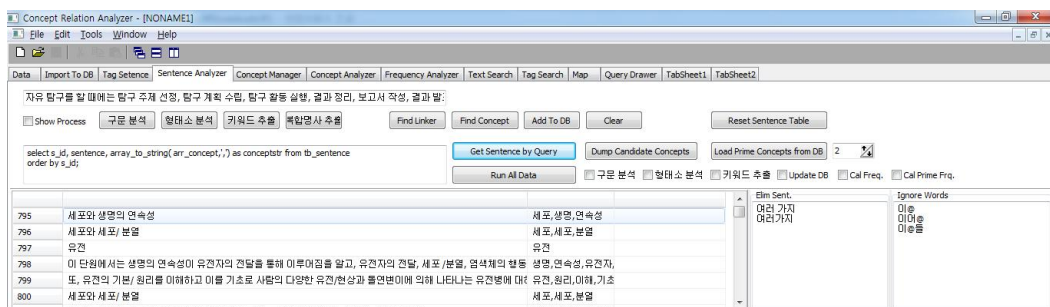
6종의 교과서 모두 교육과정에서 제시된 단위명을 그대로 사용하였기 때문에 2009 개정 교육과정 교과서의 II. 세포와 생명의 연속성 단위와 2015 개정 교육과정 교과서의 IV. 유전 단원을 분석하였다.

2. 분석 도구

1) 개념관계분석 프로그램(Concept Relation Analyzer v1.0)

교과서에서 탐구 활동을 제외하고 추출한 문장들을 명제로 하여 정리한 텍스트 파일을 박형용(2016)의 연구에서 개발된 개념관계분석 프로그램을 사용하여 각 문장에 포함된 개념을 추출하고 생명과학 학습 내용을 구성하는 개념들을 선택하여 개념들의 빈도와 그 관계에 대한 지수를 계산하였다.

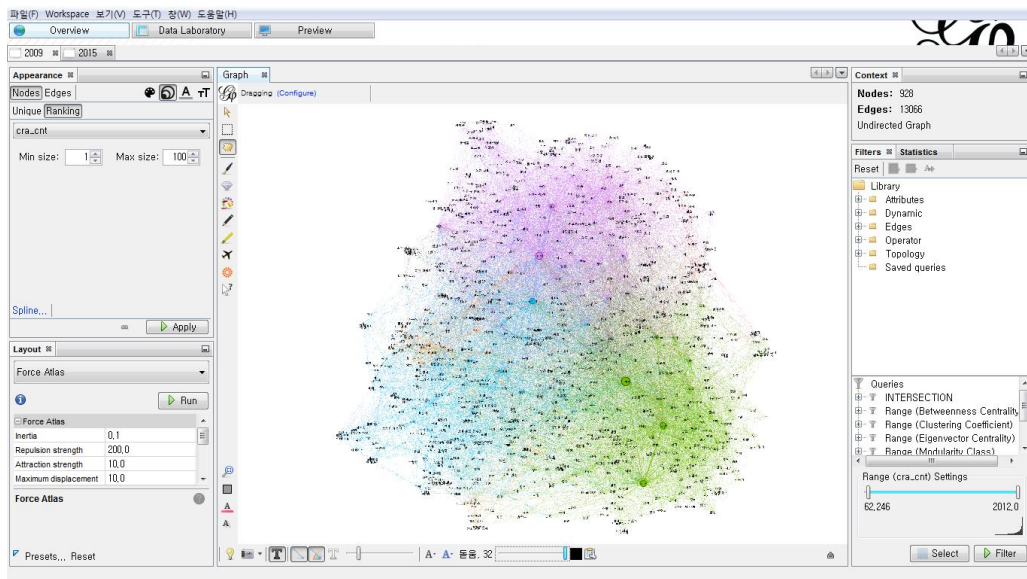
본 프로그램은 분석 대상인 텍스트 파일을 데이터베이스에 저장하고 관리하며 문장으로부터 키워드를 추출하고 개념 목록을 관리하고 개념의 빈도와 관계를 계산하여 개념 관계망 데이터를 생성하는 기능을 가지고 있다.



<그림 1> 개념관계분석 프로그램(박형용, 2016)의 문장 분석 화면

2) 개념 관계망 분석 프로그램(Gephi v0.9.2)

개념관계분석 프로그램을 통해 생성된 개념 관계망 데이터를 개념 관계망 분석 프로그램(Bastian, Heymann, & Jacomy, 2009)을 이용하여 시각화하고 개념 관계망의 구조적 특징, 중심성 지표, 개념군 분석 결과를 얻었다.



<그림 2> 개념 관계망 분석 프로그램(Bastian, Heymann, & Jacomy, 2009)의 개념 관계망 분석 화면

3. 연구 절차

2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정의 비교 분석과 교육과정 개정에 따른 생명과학 I 교과서의 개념 관계망 분석을 위하여 다음 <표 2>와 같은 연구 절차를 거쳤다.

<표 2> 연구 절차

교육과정 분석	2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정의 생명과학 I 내용 비교 분석
분석 자료 수집	교과서 텍스트 파일화 및 선작업 (이음동의어, 동음이의어 정리)
CRA 분석	생물학 개념 추출 개념 빈도 및 관련 지수 계산
Gephi 분석	개념 관계망 시각화 주요 개념 및 관련 지수 계산 개념군 추출
결과 분석	교육과정의 개정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망 비교 분석

IV. 연구 결과 및 논의

1. 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정의 생명과학 I 내용 비교

개념 관계망 분석을 통한 두 교육과정의 교과서 내용 비교에 앞서 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정의 생명과학 I 생명의 연속성 영역에 대한 내용을 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 교육과정 성격 및 목표 비교

(1) 교육과정 성격 비교

2009 개정과 2015 개정 교육과정의 성격을 비교해보면 변화된 세 가지를 확인할 수 있다.

첫 번째, 교육과정 성격에서 사람을 더욱 강조하였다. 2009 개정 교육과정에서 ‘인간을 중심으로’ 생명 현상을 통합적으로 이해하는데 초점을 맞췄다고 한 것과 다르게 2015 개정 교육과정에서는 ‘사람의 몸을 중심으로’라는 표현으로 생명과학 I 내용이 사람의 몸에 대해서 집중함을 강조했다. 또한 본 문장이 생명과학 I 성격의 가장 첫 번째 문장으로 다뤄지면서 중요성이 더욱 부각되었다.

두 번째, 생명의 연속성과 관련하여 교육과정 성격에서 다뤄지는 내용 요소가 구체화되었다. 2009 개정 교육과정에서 ‘세포와 생명의 연속성’, ‘세포와 세포 분열’, ‘유전’으로 안내된 내용 요소가 2015 개정 교육과정에서는 ‘종족 보전에 필요한 유전’, ‘종족의 성공적 번식을 위해 배우자를 만나 다음 세대로 유전 물질을 전달하는 유성 생식 과정을 거치며’로 안내되었다. 세포 분열 자체보다 생식세포 분열을 통해 이루어지는 유성

생식이 강조되면서 생명의 연속성에 대한 내용이 구체화된 것을 확인하였다.

세 번째, 과학과 핵심 역량이 새롭게 추가되었다. 탐구 중심의 학습을 다루는 성격의 마지막 문단을 살펴보면 2009 개정 과학과 교육과정에서는 다양한 활동을 기반으로 추상적인 탐구 능력의 향상을 목표로 삼았으나 2015 개정 과학과 교육과정에서는 과학과 핵심역량 함양을 구체적으로 안내하고 있다. 2015 개정 과학과 교육과정에서 제시된 과학과 핵심역량은 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력, 총 5가지이다.

(2) 교육과정 목표 비교

2015 개정 교육과정에서는 2009 개정 교육과정에서 안내한 목표의 순서가 바뀌고 새로운 목표가 추가되었다.

생명 현상에 흥미와 호기심을 가지는 목표 다.가 목표 가.로 앞당겨졌고 생명 현상을 탐구하고 핵심 개념을 이해하는 목표 가.가 목표 다.로 옮겨졌다. 또한 2009 개정 교육과정에서는 강조되지 않았지만 2015 개정 교육과정에서 도입된 과학적 참여와 평생 학습 능력 역량에 대한 목표가 추가되었다.

2009 개정 교육과정에서는 생명과학의 기본 개념을 통합적으로 이해하고 생명 현상을 과학적으로 탐구하면서 생명 현상에 흥미와 호기심을 가지고 과학적 문제 해결력을 기르고 과학-기술-사회의 상호 관계를 인식하는 것이 목표였다. 이와 반대로 2015 개정 교육과정에서는 가장 먼저 생명 현상에 흥미와 호기심, 과학적으로 해결하려는 태도를 가지고 일상의 문제를 과학적으로 탐구하는 능력을 길러 생명 현상을 탐구하며 생명과학의 핵심 개념을 이해하고 생명과학-기술-사회의 상호 관계를 인식하고 평생 학습 능력을 기르는 것을 목표로 한다.

2) 교육과정 내용 체계 비교

2015 개정 교육과정의 내용 체계에 영역별 성취기준이 추가되면서 이에 대한 해설과 성취기준별 교수 학습 방법 및 평가 방법에 대한 안내가 추가되고 영역의 세부 항목으로 존재했던 개념들이 ‘핵심 개념’이라는 구분된 목차로 분류되었다. 또한 2015 개정 교육과정에는 핵심 개념에 대해 학생들이 배워야 할 내용을 문장으로 서술한 ‘일반화된 지식’이 포함되었으며 생명과학 I 학습 활동을 통해 배우게 될 탐구 기능을 안내하는 새로운 목차 ‘기능’이 추가되었다.

(1) 내용 체계

<표 3>는 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정의 생명과학 I 생명의 연속성 영역에 대한 내용 체계를 비교한 것이다.

<표 3> 2009 개정과 2015 개정 과학과 생명과학 I 의 생명의 연속성 영역에 대한 내용 체계 비교

	2009 개정 교육과정	2015 개정 교육과정
영역명	세포와 생명의 연속성	생명의 연속성
구성	영역, 내용 요소	영역, 핵심 개념, 일반화된 지식, 내용 요소, 기능
영역 분류	하위 영역 (세포와 세포 분열, 유전)	핵심 개념 (생식, 유전, 진화와 다양성)
내용 요소 변화	세포 주기와 세포 분열, 멘델 법칙 사람의 유전 형질, 유전 형질의 발현 (염색체 이상과 유전자 이상) 추가 추가	삭제 상염색체 유전, 성염색체 유전, 가계도 분석, 유전병의 종류와 특징 생식 세포의 다양성, 유전체, 염색체 조합 핵심 개념 ‘진화와 다양성’에 대한 내용 요소

2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정의 생명과학 I 생명의 연속성에 대한 내용 체계 비교표를 살펴보면 크게 세 가지 변화를 확인할 수 있다.

첫 번째, 학습 내용이 생식세포 형성 및 유전적 다양성을 통한 생명의 연속성에 대한 내용으로 집중되었다. 영역명이 ‘세포와 생명의 연속성’에서 ‘생명의 연속성’으로 바뀌었으며 2009 개정 교육과정에서 하위 영역으로 구성되었던 ‘세포와 세포 분열’이 삭제되면서 세포 주기, 세포 분열에 대한 내용 체계가 삭제되었다.

두 번째, 교육과정의 내용 체계에 핵심 개념이 도입되었다. 2009 개정 교육과정에서 하위 영역이었던 ‘유전’과 함께 ‘생식’과 ‘진화와 다양성’이 새로운 핵심 개념으로 추가되었다. 2009 개정 교육과정에서 영역 ‘자연속의 인간’의 하위 영역 ‘생물의 다양성과 환경’에 속해있던 생물 다양성 보전 내용이 영역 ‘생명의 연속성’에서 핵심 개념 ‘진화와 다양성’으로 들어간 단원 이동을 하였다. 단원 이동에 따라 생명의 연속성 영역의 내용 체계에 진화와 다양성에 대한 일반적인 지식과 내용 요소가 추가되었으나 이와 관련된 성취기준은 다섯 번째 영역인 ‘상호작용’에 포함되어 있다. 본 연구에서 분석한 3종의 2015 개정 교과서 모두 ‘진화와 다양성’ 내용을 5단원 상호작용에 배치하여 교육과정에서 안내하고 있는 영역과 핵심 개념의 흐름을 제대로 살리지 못했음을 확인하였다. ‘생명의 연속성’과 ‘환경과 생태계’ 영역을 이어주는 핵심 개념인 ‘진화와 다양성’에 대하여 성취 기준 위치를 변경하고 교과서 내용도 이에 맞춰 변경함으로써 영역 간 통합이 잘 이루어져야 할 것으로 보인다. 본 연구에서는 교과서의 생명의 연속성 단원 내용을 비교 분석하였기 때문에 이후 이어지는 논의에서 3영역 성취기준에 속하지 않는 핵심 개념 ‘진화와 다양성’ 부분을 제외하고 분석하였다.

세 번째, 교육과정의 내용 요소가 변화였다. 2009 개정 교육과정에 포함된 ‘세포 주기와 세포 분열’, ‘멘델 법칙’이 삭제되었고 ‘생식 세포의 다양성’, ‘유전체’, ‘염색체 조합’의 내용 요소가 새롭게 추가되었다. 또한 2009 개정 교육과정에서 ‘사람의 유전 형질’, ‘유전 형질의 발현’으로 단

순하게 표현되었던 내용 요소가 ‘상염색체 유전’, ‘성염색체 유전’, ‘가계도 분석’, ‘유전병의 종류와 특징’으로 구체적으로 표현되었다.

(2) 영역별 내용과 성취기준

2015 개정 교육과정에서는 2009 개정 교육과정의 영역 목표에 비해 사람에 대한 내용을 강조하는 표현들이 추가되었다. ‘유전자의 전달’을 ‘인간이 자손을 낳아 다음 세대를 이어가는 원리’라고 표현했으며 ‘유전 현상’도 ‘사람의 유전 현상’으로 수식어를 추가하였다. 2009 개정 교육과정에서도 하위 영역인 ‘유전’에 대한 설명 중 하나로 사람의 여러 가지 유전 현상이라는 표현을 사용하나 2015 개정 교육과정에서는 상위 개념인 영역에 대한 설명에 포함되어 사람에 대한 내용을 강조하였다. 또한 2015 개정 교육과정의 내용 체계에 새롭게 반영된 핵심 개념 ‘생식’과 내용 요소인 ‘생식 세포의 다양성’을 고려하여 ‘DNA, 유전자, 염색체 사이의 관계와 생식 세포 형성 과정에서 유전적 다양성이 만들어질 수 있음을 이해한다.’는 새로운 영역 설명이 추가되었다. 성취기준 해설에서도 생식 세포 형성의 중요성을 생명의 연속성과 연관 지어 다루도록 한다고 구체적으로 안내하고 있다.

2009 개정 교육과정에서 하위 영역별로 목표를 3가지씩 총 6개를 안내하였는데 이 중 내용 요소에서 ‘멘델 법칙’이 삭제된 것을 반영하여 멘델 법칙과 관련된 영역별 목표는 삭제되었으며 다른 목표들은 4개의 성취 기준으로 정리되었다.

교육과정에서 제안된 탐구 활동 예시 및 탐구 활동을 비교해보면 [탐구 활동 예시] (가)-2,4, (나)-3,4가 삭제되었다. (가)-2는 세포 주기에 대한 내용이 빠지면서 삭제되었고 (가)-4, (나)-3,4는 과학-기술-사회(STS)의 상호 관계 인식을 넘어 평생 학습 역량 함양까지 과학과 핵심 역량을 강조하면서 이에 맞춰 탐구활동을 조절하면서 삭제하였다.

2015 개정 교육과정에서 사람의 유전 현상을 강조하면서 기존 교육과정에 탐구 활동의 예시로 포함되었던 ‘식물의 감수 분열 관찰 활동’과

‘조파리의 돌연변이 관찰 활동’이 삭제되었고 사람의 유전 현상과 관련된 가계도, 닳 모양 적혈구, 유전 형질이 자손에게 전달되는 과정에 대한 내용을 새롭게 추가하여 탐구 활동의 예시로 제시하였다.

2. 교육과정의 개정에 따른 생명과학 I 교과서의 개념 관계망 변화

1) 교육과정 개정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망의 구조 비교

교육과정 개정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망의 구조적 특성은 <표 4>와 같다.

<표 4> 교육과정 개정에 따른 교과서의 개념 관계망의 구조적 특성

교육과정	문장의 수		개념 수	전체 연결 수	밀도	지름
	출판사	계				
2009 개정	A	474	1,617	691	6,616	0.028
	B	664				
	C	479				
2015 개정	A	314	923	506	3,965	0.031
	B	282				
	C	327				

교육과정에 따라 교과서에서 제시하는 생명과학 학습 내용의 양이 어떻게 달라지는지를 확인하기 위하여 교육과정별 3종의 교과서에서 추출된 문장의 수, 개념 수, 개념 사이의 관계를 나타내는 전체 연결의 수를 분석하였다. 2009 개정 교육과정의 교과서 3종에서 총 1,617개의 문장이 추출되었고 2015 개정 교육과정의 교과서 3종에서 총 923개의 문장이 추출되었다. 교육과정에 맞춰 결과 및 논의를 비교할 수 있도록 교육과정별 3종의 교과서에서 추출된 모든 문장을 동시에 분석하였으며 문장 중 하나의 개념만을 포함하고 있는 문장들은 두 개 이상의 개념이 형성하는 관계를 나타내지 않지만 해당 개념의 출현 빈도에 영향을 줄 수 있으므로 함께 분석하였다.

교과서 개념 관계망에서 개념 수와 개념 사이의 관계를 의미하는 전

체 연결의 수는 학생들이 학습해야 할 학습량을 나타낸다고 볼 수 있다. 2009 개정 교육과정의 교과서 3종에서 추출된 691개의 개념 중 282개의 개념이 2015 개정 교육과정의 교과서에서 등장하지 않았으며 97개의 개념이 새롭게 등장하여 2015 개정 교육과정의 교과서 3종에서는 총 506개의 개념이 추출되었다. 2009 개정 교육과정보다 2015 개정 교육과정에서 생명과학 학습 내용이 감소하였으며 이는 교육과정이 바뀌면서 세포 주기와 염색체의 변화, 유전의 기본 원리, 멘델의 법칙, 유전적 결함의 진단에 대한 내용이 삭제되었기 때문으로 보인다. 또한 2009 개정 교육과정에서 전체 연결의 수가 6,616개, 2015 개정 교육과정에서 전체 연결의 수는 3,965개로 2009 개정 교육과정보다 2015 개정 교육과정에서 학습해야 하는 전체 연결의 수가 줄어들었다. 전체 연결의 수는 개념 수의 변화가 영향을 끼친다. 개념 수에 따라 가질 수 있는 관계, 즉 전체 연결의 경우의 수가 변하기 때문이다. 가질 수 있는 관계의 모든 경우의 수에 대한 실제 연결의 수를 의미하는 밀도 값을 비교해보면 2009 개정 교과서는 0.028, 2015 개정 교과서는 0.031로 밀도의 차이가 크게 없고 오히려 밀도 값이 매우 작은 수치지만 0.004 정도 증가하였다. 교과서 전체 개념 관계망에서 가장 멀리 있는 두 개념을 연결하기 위해 거쳐야 하는 연결의 수를 나타내는 개념 관계망의 지름은 5로 같은 값을 나타냈다. 개념 관계망의 지름은 같지만 개념 수가 적고 밀도가 상승한 2015 개정 교육과정의 교과서의 개념 관계망은 상대적으로 적은 개념들이 다양한 개념 간의 관계로 생명과학 학습 내용을 표현하고 있는 것으로 볼 수 있다. 또한 2015 개정 교육과정의 생명의 연속성 단위에서는 사람이 아닌 다른 생물의 유전 내용과 멘델의 법칙에 대한 내용이 삭제되고 인간 중심으로 내용이 집중되었는데 이러한 변화도 관계망 밀도의 증가에 영향을 끼쳤을 것이다.

교육과정에 따른 교과서의 개념 간 유기적인 연결을 살펴보기 위해 교과서 전체의 개념 관계망에서 한 개념이 평균적으로 몇 개의 개념과 연결되는지를 의미하는 평균 연결 정도와 연결들의 빈도를 반영한 평균 가중 연결 정도를 분석하였다(표 5).

<표 5> 교육과정 개정에 따른 교과서의 개념 관계망의 평균 연결 정도와 평균 가중 연결 정도

교육과정	개념 수	전체 연결 수	평균 연결 정도	평균 가중 연결 정도
2009 개정	691	6,616	19.1	38.4
2015 개정	506	3,965	15.7	29.7

2009 개정 교육과정의 평균 연결 정도는 19.1, 평균 가중 연결 정도는 38.4이며, 2015 개정 교육과정의 평균 연결 정도는 15.7, 평균 가중 연결 정도는 29.7이다. 2015 개정 교육과정에서 교과서의 평균 연결 정도와 평균 가중 연결 정도가 감소하였는데 이는 2015 개정 교과서가 2009 개정 교과서와 비교할 때 더 적은 개념과 연결을 포함하고 있기 때문에 나타난 결과이다. 2009 개정 교과서에서는 특정 개념들의 관계가 반복적으로 강조되어 생명의 연속성에 대해 설명이 구성되었다면, 2015 개정 교과서에서는 전체적인 개념 사용 빈도는 낮지만 제시한 개념들을 골고루 사용하여 내용 제시가 이루어지고 있다.

2) 교육과정 개정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망의 개념군의 특성 비교

개념 관계망이 둘 이상의 하위 개념군으로 형성되어 있는 모듈화 정도를 나타내는 모듈성 분석 결과는 2009 개정 교과서와 2015 개정 교과서의 개념 관계망 모두 0.3 이상으로 하위 개념군이 존재하는 것을 확인하였다. 2009 개정 교과서의 개념 관계망의 모듈성 값은 0.474, 2015 개정 교과서의 개념 관계망의 모듈성 값은 0.491로 모두 높은 모듈성 값을 보였다(표 6, 표 7).

<표 6> 2009 개정 과학과 교육과정에 따른 교과서의 개념 관계망의 개념군

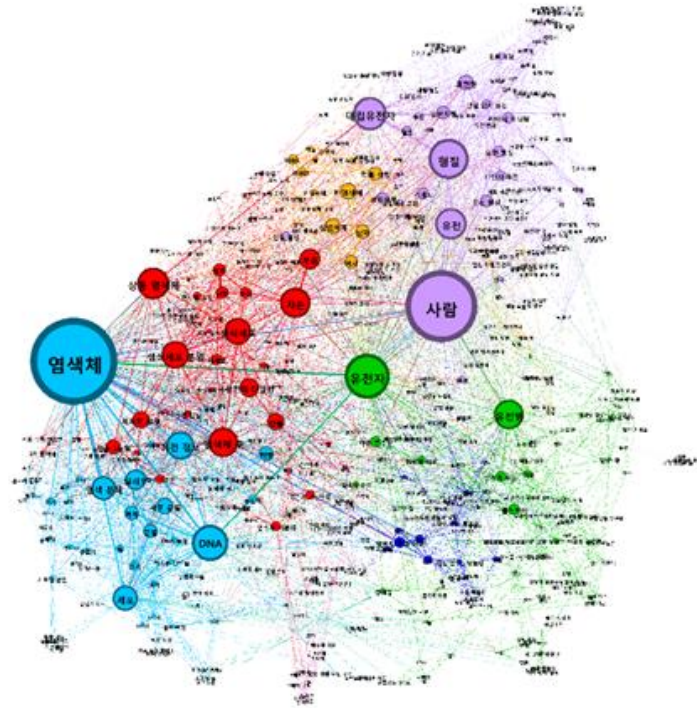
개념군		2009 개정 교육과정 (모듈성: 0.474)	
(순위)	개념비율	학습 내용	허브 개념
1	34.73	염색체, DNA, 세포 (세포 주기, 세포 분열)	염색체, 세포, 생식세포 분열, DNA, 상동 염색체
2	20.69	유전병 (유전자 이상, 염색체 이상)	유전병, 돌연변이, 태아, 유전자 이상, 염색체 이상
3	16.64	멘델 법칙 (완두, 분꽃, 동물 등)	자손, 생식세포, 부모 표현형, 멘델
4	16.21	유전, 사람의 유전 형질	유전자, 사람, 형질, 유전, 대립유전자
5	6.37	성염색체 유전	성염색체, X염색체, Y염색체
6	2.75	돌연변이원	방사선, 자외선
7	2.60	초파리의 유전 형질	초파리

<표 7> 2015 개정 과학과 교육과정에 따른 교과서의 개념 관계망의 개념군

개념군		2015 개정 교육과정 (모듈성: 0.491)	
(순위)	개념비율	학습 내용	허브 개념
1	22.13	사람의 유전 형질, 유전	사람, 형질, 대립유전자, 유전, 표현형
2	18.77	유전병 (유전자 이상)	유전자, 유전병, 돌연변이, 유전자 이상, 염색체 이상
3	18.18	염색체, DNA, 세포 (세포 분열)	염색체, DNA, 세포, 유전 정보, 염색 분체
4	17.00	생식세포, 유전적 다양성, 염색체 수 이상	자손, 상동 염색체, 부모, 생식세포 분열, 생식세포
5	10.87	성염색체 유전	X 염색체, 성염색체, 적록 색맹, Y 염색체
6	7.31	염색체 구조 이상	염색체 구조 이상, 결실, 전좌, 질병
7	4.35	배수성 돌연변이	씨 없는 마나나, 씨 없는 수박
8	1.38	돌연변이원	타르

<표 6>, <표 7>은 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정에 따른 교과서의 개념 관계망을 구성하고 있는 개념군의 학습 내용과 허브 개념을 정리한 것이다. 2009 개정 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망에는 7개의 개념군이, 2015 개정 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망에는 8개의 개념군이 구성되었다. 교육과정 개정에 따라 초파리의 유전 형질과 멘델 법칙 등에 대한 내용이 삭제되거나 감소하고 생식세포와 유전적 다양성에 대한 내용이 새로운 개념군으로 등장하면서 개념군을 이루는 허브 개념에도 큰 변화를 보였다.

<그림 3>, <그림 4>는 2009 개정과 2015 개정 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원 내용을 개념 관계망으로 시각화한 것이다. 각 관계망에서 개념의 빈도 비율에 비례하여 해당 노드의 지름과 글자 크기를 크게 나타내었고 교육과정에 따른 두 개념 관계망을 시각적으로 비교할 수 있도록 개념의 빈도 비율이 가장 큰 ‘염색체’의 크기를 동일하게 하였다. 개념들 사이의 연결선의 굵기는 연결의 빈도에 비례하며 개념을 나타내는 노드들의 색깔은 각 개념들이 속한 개념군에 따라 그 색깔을 달리하여 시각화하였다.



<그림 4> 2015 개정 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망
(노드의 크기, 노드 내 글자의 크기는 개념의 빈도, 연결선의 굵기는 연결의 빈도에 비례)

빈도 비율이 가장 큰 ‘염색체’의 노드 크기를 동일하게 맞춰 개념 관계망의 시각화 결과를 비교한 결과 교육과정 개정에 따라 개념 관계망이 더 밀집되었다. 교육과정 개정에 따라 교과서 내용에서 멘델 법칙, 사람이 아닌 생물들의 유전 현상, 세포 주기 등이 사라지면서 개념 관계망 내 개념들의 거리가 더 가까워져 개념 관계망이 전체적으로 밀집된 것으로 보인다.

교육과정 개정에 따라 개념들이 삭제되거나 추가되면서 초파리의 유전 형질에 대한 개념군이 삭제되었고 생식세포와 유전적 다양성에 대한 개념군이 추가되고 염색체 구조 이상, 배수성 돌연변이 등 유전병에 대한 내용이 개념군으로 새롭게 자리 잡았다.

2009 개정 생명과학 I 교과서의 개념 관계망의 개념군에 따른 허브 개념은 개념군 내에서 지역적 허브의 역할을 하는 개념들이지만 개념비율 10% 이하인 개념군의 허브 개념인 ‘성염색체’, ‘X 염색체’, ‘Y 염색체’, ‘방사선’, ‘자외선’, ‘초파리’는 빈도 비율과 중심성 지수가 전역적 허브가 되지 못하는 작은 값을 가지고 있었다. 또한 교육과정 개정에 따라 지역적 허브 개념 중 ‘태아’, ‘멘델’, ‘방사선’, ‘자외선’, ‘초파리’가 지역적 허브 개념에서 탈락하였다.

교육과정 개정에 따라 ‘유전 정보’, ‘염색 분체’, ‘적록 색맹’, ‘염색체 구조 이상’, ‘결실’, ‘전좌’, ‘질병’, ‘씨 없는 바나나’, ‘씨 없는 수박’, ‘타르’가 지역적 허브 개념으로 추가되었다. 2015 개정 생명과학 I 교과서의 개념 관계망의 개념군 중 개념비율 10% 이하인 개념군의 허브 개념인 ‘염색체 구조 이상’, ‘결실’, ‘전좌’, ‘질병’, ‘씨 없는 바나나’, ‘씨 없는 수박’, ‘타르’는 빈도 비율과 중심성 지수가 전역적 허브가 되지 못하는 작은 값을 가지고 있었다.

개념군 간 개념이 이동함에 따라 허브 개념도 이동하였는데 ‘유전자’는 2009 개정 교과서에서 유전, 사람의 유전 형질에 대한 개념군에서 허브 개념으로 존재하다가 2015 개정 교과서에서 강조된 유전병, 특히 유전자 이상에 대한 개념군의 허브 개념으로 이동했다. 또한 2015 개정 교과서에서 생명의 연속성의 의미를 살려 생식세포와 유전적 다양성에 대

한 내용이 강조되면서 새롭게 생긴 개념군에 ‘생식세포 분열’, ‘생식세포’, ‘상동 염색체’, ‘부모’, ‘자손’이 허브 개념으로 포함되었다. 멘델 법칙의 허브 개념이었던 ‘표현형’은 멘델 법칙과 관련된 내용이 대부분 삭제되면서 개념군의 지위를 잃어버림에 따라 2015 개정 교과서의 개념 관계망에서는 사람의 유전 형질, 유전의 허브 개념으로 이동하였다.

3) 교육과정 개정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망의 주요 개념 비교

개념 관계망 분석에서는 어떤 개념들을 분석에 포함하느냐에 따라 관계망의 구조와 의미가 크게 달라질 수 있으며 다른 한편으로 중요도가 낮은 개념들까지 너무 많은 개념을 포함하여 분석이 이루어질 경우 핵심적인 의미의 구조를 파악하기 어렵고 분석 시간이 길어져 효율이 떨어지는 문제가 발생한다(박형용, 2016).

본 연구에서는 분석 내용에 포함된 의미 구조를 잘 나타낼 수 있고 분석의 효율을 높일 수 있도록 선행 연구들을 참고하여 전체 개념 관계망에서 상위 3%의 높은 빈도 비율과 중심성을 나타내는 개념들을 찾아 상위 개념의 변화를 비교 분석하였다. 2009 개정 교과서에서 추출된 691개의 개념 중 빈도 비율, 중심성 지수에 대해 각 상위 3%인 개념 20개와 2015 개정 교과서에서 추출된 506개의 개념 중 빈도 비율, 중심성 지수에 대해 각 상위 3%인 개념 15개를 찾아 상위 개념에서 개념 순위가 어떻게 변하였는지, 상위 개념에서 탈락한 개념과 상위 개념으로 추가된 개념은 무엇인지를 비교 분석하였다.

<표 8>, <표 9>, <표 10>, <표 11>은 각 교육과정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원 내용에 대해 중심성 분석 결과, 빈도 비율, 연결 중심성, 위세 중심성, 사이 중심성이 높게 나타난 상위 15개 개념의 목록이다.

<표 8> 교육과정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망의 빈도 비율에 대한 상위 개념 15개

2009 개정 교육과정		2015 개정 교육과정	
개념	빈도 비율	개념	빈도 비율
염색체	3.99	염색체	4.32
유전자	2.57	사람	3.59
세포	2.33	유전자	2.26
사람	1.96	형질	2.01
형질	1.91	DNA	1.82
유전	1.48	대립유전자	1.69
생식세포	1.45	상동 염색체	1.60
생식세포 분열	1.40	유전	1.58
대립유전자	1.32	자손	1.52
상동 염색체	1.32	유전병	1.50
자손	1.31	염색체 수	1.50
분열	1.31	유전 정보	1.41
DNA	1.10	생식세포 분열	1.39
멘델	1.10	생식세포	1.36
부모	1.03	세포	1.28

<표 9> 교육과정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망의 연결 중심성에 대한 상위 개념 15개

2009 개정 교육과정		2015 개정 교육과정	
개념	연결 중심성	개념	연결 중심성
유전자	0.204	사람	0.337
사람	0.192	염색체	0.323
염색체	0.182	유전자	0.275
세포	0.179	형질	0.210
형질	0.164	세포	0.186
자손	0.148	자손	0.176
유전	0.145	상동 염색체	0.156
생식세포	0.130	유전병	0.154
표현형	0.126	DNA	0.152
부모	0.117	대립유전자	0.145
대립유전자	0.107	유전	0.137
유전병	0.101	체세포 분열	0.137
상동 염색체	0.098	염색체 수	0.133
분열	0.097	생식세포 분열	0.127
생물	0.097	표현형	0.127

<표 10> 교육과정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망의 위세 중심성에 대한 상위 개념 15개

2009 개정 교육과정		2015 개정 교육과정	
개념	위세 중심성	개념	위세 중심성
유전자	1.000	염색체	1.000
염색체	0.935	사람	0.992
사람	0.853	유전자	0.798
자손	0.837	자손	0.676
형질	0.821	형질	0.660
생식세포	0.787	상동 염색체	0.606
유전	0.735	세포	0.588
부모	0.686	부모	0.573
대립유전자	0.680	염색체 수	0.557
표현형	0.673	생식세포 분열	0.539
세포	0.669	DNA	0.533
생물	0.594	생식세포	0.517
생식세포 분열	0.585	대립유전자	0.513
상동 염색체	0.569	체세포 분열	0.508
개체	0.548	유전	0.493

<표 11> 교육과정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망의 사이 중심성에 대한 상위 개념 15개

2009 개정 교육과정		2015 개정 교육과정	
개념	사이 중심성	개념	사이 중심성
세포	0.121	사람	0.172
사람	0.110	염색체	0.139
유전자	0.095	유전자	0.116
염색체	0.076	세포	0.073
유전	0.053	형질	0.059
자손	0.049	자손	0.050
생식세포	0.044	DNA	0.041
형질	0.043	돌연변이	0.039
부모	0.038	유전병	0.036
유전병	0.038	이상	0.032
생물	0.034	표현형	0.031
표현형	0.032	상동 염색체	0.031
DNA	0.027	염색체 비분리	0.030
염색체 수	0.025	대립유전자	0.029
이상	0.025	생물	0.027

교육과정의 개정 내용이 교과서에 반영되면서 생명의 연속성 단원에 포함된 개념들의 빈도 비율과 중심성 지수가 크게 변하였다. 2009 개정 과학과 교육과정의 내용 체계에서 삭제된 멘델 법칙, 세포 주기, 세포 분열에 대한 개념들의 중심성 지수가 감소하거나 해당 개념이 삭제되었다. 반대로 2015 개정 과학과 교육과정에서는 새롭게 생식이라는 핵심 개념과 함께 생식세포와 유전적 다양성, 사람의 유전형질, 유전병의 종류와 특성이 강조되면서 관련 개념들의 중심성 지수가 증가하였다.

사람의 유전형질이 강조되면서 ‘사람’, ‘대립 유전자’, ‘상동 염색체’, ‘DNA’의 빈도 비율과 중심성 지수가 높아졌으며 세포 주기에 대한 내용이 삭제되면서 ‘세포’의 빈도 비율과 중심성 지수가 상위 개념에서도 크게 낮아졌다. 유전에 대해 적은 내용을 다루게 되면서 ‘유전’의 빈도 비율과 중심성 지수도 낮아졌다. 멘델의 법칙에 대한 내용이 교육과정 내용 체계에서 삭제되면서 ‘분열’, ‘멘델’, ‘부모’, ‘완두’, ‘표현형’의 빈도 비율과 중심성 지수가 낮아져 상위 개념에서 대부분 탈락했다. ‘체세포 분열’은 2015 개정 교육과정에서 체세포 분열과 분열 과정에 대한 세세한 과정이 삭제되었기 때문에 중심성 지수가 감소할 것을 예상하였으나 개념의 연결 중심성과 위세 중심성이 증가하여 상위 개념으로 추가되었다. 이 변화는 체세포 분열을 생식세포 분열과 비교하면서 생식세포 분열의 의의를 강조하는 과정에서 같은 문장에 중심성이 높은 개념들이 등장하기 때문으로 확인하였다.

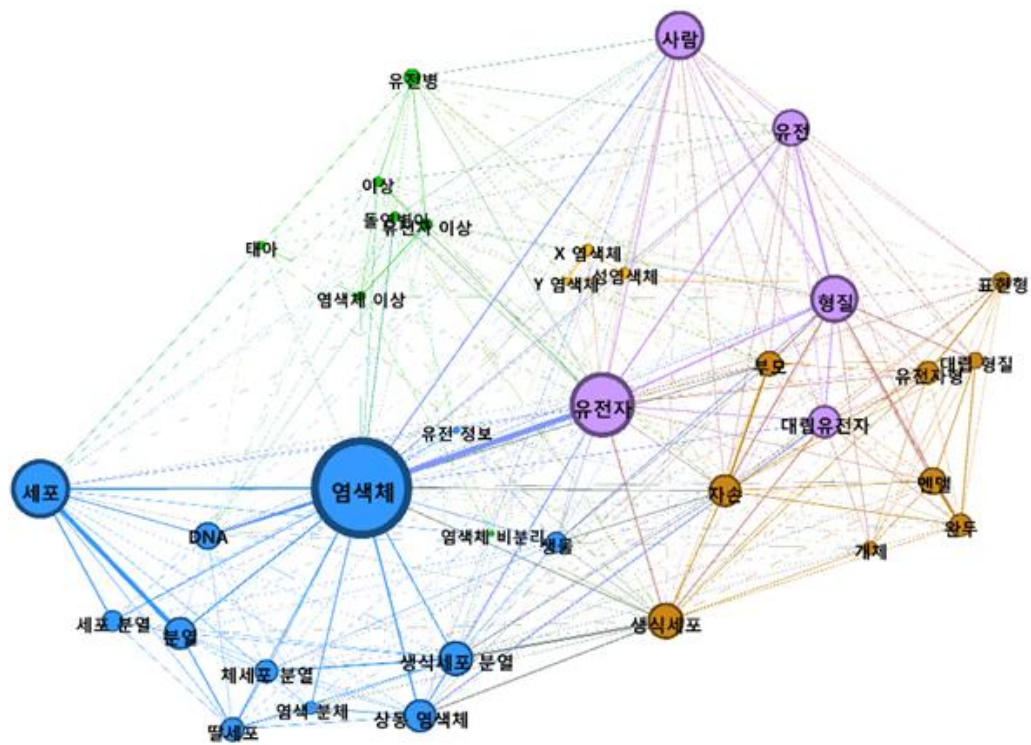
두 개념 관계망의 시각화 결과를 비교하기 위해 개념들의 빈도 비율, 중심성 지수에 대한 상위 개념들과 두 개념 관계망에서 중복하여 개념군의 허브 개념으로 등장하는 개념을 주요 개념으로 선정하여 개념 관계망을 필터링하였다. 2009 개정 교과서에서 추출된 28개의 상위 개념과 2015 개정 교과서에서 추출된 22개의 상위 개념 중 중복으로 추출된 개념 19개, 2009 개정 교과서에서만 추출된 상위 개념 9개, 2015 개정 교과서에서만 추출된 상위 개념 3개로 총 31개의 개념을 추출하였다. 또한 빈도 비율이나 중심성 지수에서 상위 3%에는 포함되지 않지만 두 개정 교과서의 개념 관계망에서 개념군의 허브 개념으로 등장하는 ‘X 염색체’,

‘Y 염색체’, ‘성염색체’, ‘염색체 이상’, ‘유전자 이상’ 5개를 추가하여 총 36개의 개념을 주요 개념으로 선정하였다(표 12).

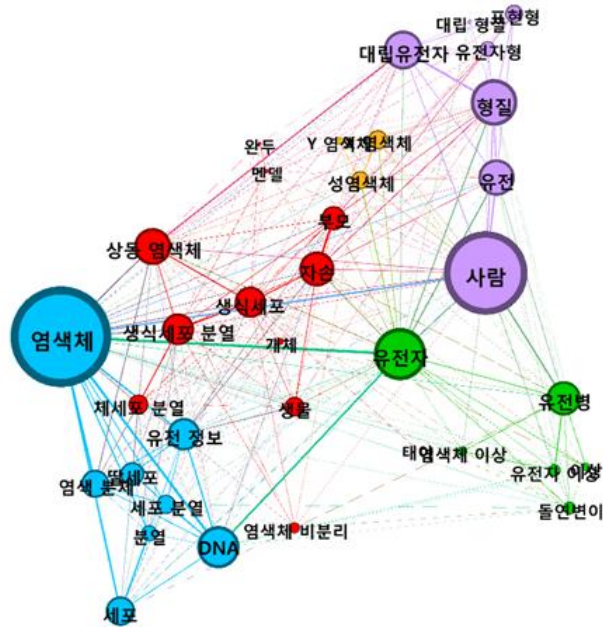
<표 12> 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정의 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성에 대한 주요 개념 (36개)

DNA	X 염색체	Y 염색체	개체
대립 형질	대립유전자	돌연변이	딸세포
멘델	부모	분열	사람
상동 염색체	생물	생식세포	생식세포 분열
성염색체	세포	세포 분열	염색 분체
염색체	염색체 비분리	염색체 이상	완두
유전	유전 정보	유전병	유전자
유전자 이상	유전자형	이상	자손
체세포 분열	태아	표현형	형질

<그림 5>, <그림 6>은 2009 개정과 2015 개정 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 주요 개념에 대한 개념 관계망을 시각화한 것이다. 각 관계망에서 개념의 빈도 비율에 비례하여 해당 노드의 지름과 글자 크기를 크게 나타내었고 교육과정에 따른 두 개념 관계망을 시각적으로 비교할 수 있도록 개념의 빈도 비율이 가장 큰 ‘염색체’의 크기를 동일하게 하였다. 개념들 사이의 연결선의 굵기는 연결의 빈도에 비례하며 개념을 나타내는 노드들의 색깔은 각 개념들이 속한 개념군에 따라 그 색깔을 달리하여 시각화하였다.



<그림 5> 2009 개정 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 주요 개념 관계망
(노드의 크기, 노드 내 글자의 크기는 개념의 빈도, 연결선의 굵기는 연결의 빈도에 비례)



<그림 6> 2015 개정 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 주요 개념 관계망
(노드의 크기, 노드 내 글자의 크기는 개념의 빈도, 연결선의 굵기는 연결의 빈도에 비례)

빈도 비율이 가장 큰 ‘염색체’의 노드 크기를 동일하게 맞춰 개념 관계망의 시각화 결과를 비교한 결과 교육과정 개정에 따라 개념 관계망이 더 밀집되었다. 교육과정 개정에 따라 교과서 내용에서 멘델 법칙, 사람이 아닌 생물들의 유전 현상, 세포 주기 등이 사라지면서 개념 관계망 내 개념들의 거리가 더 가까워져 개념 관계망이 전체적으로 밀집된 것으로 보인다.

2015 개정 교육과정에서 사람의 유전 형질을 강조하면서 사람의 노드 크기가 커지고 개념 관계망에서의 위치도 중심으로 이동하였다. 2009 개정의 개념 관계망에서 ‘염색체’와 ‘유전자’가 ‘유전자’와 ‘사람’보다 가깝게 이어져 있었다면, 2015 개정의 개념 관계망에서는 ‘사람’과 ‘유전자’가 가까워졌음을 알 수 있다. 또한 생식세포와 유전적 다양성에 대한 내용이 추가되면서 염색체와 세포에 대한 개념군과 사람의 유전 형질, 유전병 등에 대한 개념군을 연결해주는 개념군이 생겨 교과서의 내용을 더 자연스럽게 연결 짓고 있다고 판단하였다.

두 개정 교육과정의 생명의 연속성 단원에 대한 개념 관계망에서 모두 ‘사람’-‘유전’-‘형질’-‘대립유전자’로 이어지는 관계가 뚜렷하게 관찰되었다. 그러나 사람의 유전 형질이 강조되어 ‘사람’의 빈도 비율과 중심성 지수가 크게 높아진 것과 반대로 초파리, 분꽃, 완두 등의 형질에 대한 내용이 대부분 삭제되면서 ‘형질’의 빈도 비율과 중심성 지수가 크게 낮아져 개념 관계망에서 ‘사람’-‘유전’-‘형질’-‘대립유전자’가 갖는 위치가 변하였다. 또한 교육과정 개정에 따라 유전병, 유전자 이상에서 ‘유전자’가 반복해서 등장하면서 ‘유전자’가 ‘사람’과 다른 개념군으로 이동하였다.

4) 교육과정 개정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 개념 관계망의 주요 관계 비교

교과서에서 강조되는 개념 간의 관계를 분석하기 위해 각 교육과정에 따른 교과서의 개념 관계망에서 관계 빈도가 높은 상위 22개 관계의 변

화를 분석한 결과는 다음과 같다(표 13, 표 14, 표 15). 2009 개정과 2015 개정 교육과정에 따른 교과서의 개념 관계망의 상위 관계 22개에 빈도가 높은 순서대로 순위 번호를 부여하고 순위 변화, 상위 관계에서의 탈락, 상위 관계로의 추가 등 각 관계의 순위가 어떻게 변하였는지 비교 분석하였다. 관계의 빈도가 같을 경우 같은 순위 번호를 부여하였다.

<표 13> 교육과정 개정에 따른 교과서의 개념 관계망의 상위 22개 관계에 중복되어 포함된 개념 간의 관계

순위	2015 개정 교육과정		순위 변화	
	개념 간의 관계	빈도		
1	염색체-유전자	29	유지	1 → 1
2	DNA-염색체	26	높아짐	8 → 2
4	부모-자손	22	높아짐	6 → 4
6	DNA-복제	20	높아짐	12 → 6
14	남자-여자	16	높아짐	19 → 14
10	세포-염색체	18	낮아짐	8 → 10
14	분열-세포	16	낮아짐	2 → 14
19	생식세포-생식세포 분열	14	낮아짐	6 → 19
19	유전-유전자	14	낮아짐	15 → 19

<표 14> 교육과정 개정에 따라 교과서의 개념 관계망의 상위 22개 관계에서 탈락한 개념 간의 관계

2009 개정 교육과정		빈도	순위 변화
순위	개념 간의 관계		
3	멘델-완두	30	탈락
4	딸세포-모세포	27	탈락
4	유전-형질	27	탈락
10	유전자-형질	22	탈락
11	열성-우성	21	탈락
12	상동 염색체-염색체	20	탈락
12	생식세포-수정	20	탈락
15	등근 완두-주름진 완두	19	탈락
15	연관-유전자	19	탈락
15	자손-형질	19	탈락
19	생식세포 분열-체세포 분열	18	탈락
19	세포-세포 분열	18	탈락
19	유전자-형질 결정	18	탈락

<표 15> 교육과정 개정에 따라 교과서의 개념 관계망의 상위 22개 관계에 추가된 개념 간의 관계

2015 개정 교육과정		빈도	순위 변화
순위	개념 간의 관계		
3	난자-정자	23	추가
4	대립유전자-형질	22	추가
6	사람-염색체	20	추가
8	염색 분체-염색체	19	추가
8	DNA-유전자	19	추가
10	사람-유전	18	추가
12	아버지-어머니	17	추가
12	사람-유전병	17	추가
14	대립유전자-상동 염색체	16	추가
17	염색체-유전 정보	15	추가
17	DNA-유전 정보	15	추가
19	사람-형질	14	추가
19	염색체-분열	14	추가

두 개념 간의 관계가 반복되는 정도는 텍스트에서 두 개념 간의 관계의 중요도를 나타내며 관계의 빈도가 높을수록 교과서에서 중요하게 강조되는 관계임을 의미한다. 2015 개정 교육과정의 개념 관계망에서의 순위를 중심으로 비교해보면 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정의 교과서의 개념 관계망 내 상위 22개 관계의 변화를 분석한 결과 5개의 관계의 순위가 높아졌고 4개의 관계의 순위가 낮아졌다. ‘염색체-유전자’ 관계는 가장 높은 빈도로 두 개정 교육과정에서 동일하게 1위를 차지했다. ‘유전자’의 빈도 비율과 중심성 지수가 감소한 것과 다르게 염색체와의 관계가 전체 개념 관계망에서 빈도 순위 1위인 것은 교과서의 개념 관계망을 이해하는데 중요한 부분으로 교사가 이 부분을 염두하고 교수 학습활동을 준비해야 한다. 사람의 유전 형질에 대한 내용이 강조되면서 ‘부모-자손’, ‘남자-여자’ 관계의 순위가 크게 높아졌고 생식세포와 유전적 다양성에 대한 내용이 강조되면서 ‘DNA-염색체’, ‘DNA-복제’ 관계의 순위가 크게 높아졌다. 반대로 세포, 세포 주기, 세포 분열에 대한 자세한 과정 등이 삭제되면서 ‘세포-염색체’, ‘세포-분열’ 등의 관계 순위가 크게 낮아졌다.

교육과정 개정에 따라 멘델 법칙과 관련된 관계들, 사람이 아닌 생물들의 유전 현상에 대한 관계들이 상위 관계에서 탈락하였다. 탈락한 13개의 관계는 ‘멘델-완두’, ‘딸세포-모세포’, ‘유전-형질’, ‘유전자-형질’, ‘열성-우성’, ‘상동 염색체-염색체’, ‘생식세포-수정’, ‘둥근 완두-주름진 완두’, ‘연관-유전자’, ‘자손-형질’, ‘생식세포 분열-체세포 분열’, ‘세포-세포 분열’, ‘유전자-형질 결정’이다.

또한 교육과정 개정에 따라 사람의 유전 형질과 유전적 다양성에 대한 내용이 강조되면서 이와 관련된 관계들이 새롭게 상위 개념으로 추가되었다. 추가된 13개의 관계는 ‘난자-정자’, ‘대립유전자-형질’, ‘사람-염색체’, ‘염색 분체-염색체’, ‘DNA-유전자’, ‘사람-유전’, ‘아버지-어머니’, ‘사람-유전병’, ‘대립유전자-상동 염색체’, ‘염색체-유전 정보’, ‘DNA-유전 정보’, ‘사람-형질’, ‘염색체-분열’이다.

5) 2015 개정 교육과정의 핵심 개념 도입에 따른 생명과학 I 교과서의
의 생명의 연속성 단원의 핵심 개념의 특징 분석

2015 개정 교육과정의 내용 체계에는 핵심 개념이 포함되었다. 핵심 개념과 내용 요소에 등장하는 개념들이 실제로 교과서 내에서 핵심 개념의 지위를 갖는지 빈도 비율과 중심성 지수를 비교하였다. 2015 개정 교육과정의 내용 체계표에서 핵심 개념과 내용 요소에 들어있는 개념들에 대한 빈도 비율과 중심성 지수 변화를 분석한 결과는 다음과 같다(표 16).

<표 16> 개념 관계망 내 핵심 개념의 빈도 비율과 중심성 지수 변화

핵심 개념	빈도 비율		연결 중심성		위세 중심성		사이 중심성	
	2009	2015	2009	2015	2009	2015	2009	2015
염색체	3.99	4.32	0.254	0.323	0.935	1.000	0.077	0.140
유전자	2.57	2.26	0.284	0.275	1.000	0.798	0.097	0.117
DNA	1.10	1.82	0.123	0.152	0.520	0.533	0.027	0.041
유전	1.48	1.58	0.201	0.137	0.735	0.492	0.054	0.025
유전병	0.68	1.50	0.141	0.154	0.447	0.462	0.038	0.036
생식세포	1.45	1.36	0.181	0.119	0.787	0.517	0.044	0.013
성염색체	0.47	0.79	0.057	0.067	0.285	0.314	0.002	0.003
가계도	0.33	0.60	0.065	0.095	0.296	0.386	0.005	0.009
상염색체	0.33	0.57	0.059	0.063	0.292	0.312	0.003	0.004
염색체 조합	0.03	0.44	0.004	0.053	0.036	0.288	0.000	0.002
유전체	0.06	0.44	0.013	0.053	0.104	0.234	0.000	0.004
상염색체 유전	-	0.33	-	0.024	-	0.160	-	0.000
성염색체 유전	-	0.33	-	0.038	-	0.202	-	0.001
염색체 구조	0.16	0.33	0.023	0.040	0.107	0.212	0.001	0.003
생식	0.08	0.08	0.028	0.040	0.161	0.206	0.000	0.004

핵심 개념 중 주요 개념에 해당하는 개념은 ‘염색체’, ‘유전자’, ‘DNA’, ‘유전’, ‘유전병’, ‘생식세포’, ‘성염색체’이다. 이 중 ‘염색체’와 ‘DNA’는 빈도 비율과 모든 중심성 지수가 증가하였고 ‘유전자’의 사이 중심성 지수와 ‘유전’의 빈도 비율이 증가하였다. ‘유전병’의 경우 내용이 강조되면서 빈도 비율, 연결 중심성, 위세 중심성은 크게 증가하였으나 유전병과 관련된 내용이 아닌 다른 개념들에는 연결되지 않아 사이 중심성은 감소하였다.

‘성염색체’는 2009 개정 교육과정에서는 빈도 비율과 중심성 지수가 모두 낮았지만 2015 개정 교육과정에서 생식세포와 유전적 다양성이 강조되면서 주요 개념으로 선정될 정도로 빈도 비율과 중심성 지수가 증가하였다. 핵심 개념 중 주요 개념에 포함되지 않는 ‘가계도’, ‘상염색체’, ‘염색체 조합’, ‘유전체’, ‘상염색체 유전’, ‘성염색체 유전’, ‘염색체 구조’, ‘생식’은 개념 비율과 모든 중심성 지수가 증가하였으나 개념 관계망에서 주요 지위를 차지하지는 않았다.

V. 결론 및 제언

본 연구에서 2009 개정 과학과 교육과정과 2015 개정 과학과 교육과정을 비교하고 개념 관계망 분석 방법을 이용하여 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원에 대한 개념 관계망을 비교 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 2015 개정 과학과 교육과정은 2009 개정 과학과 교육과정에서 일부 내용을 삭제하고 핵심 개념 및 일반화된 지식을 도입하여 생명과학 I 생명의 연속성 영역에 대한 내용의 집중도를 높였다. 이에 따라 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원 내 개념 수, 개념 간의 연결 수도 감소하여 학생들이 해당 단원을 통해 학습해야 하는 생물학 지식의 양이 감소하였다. 교사는 이러한 학습내용과 학습량의 변화를 인지하고 교수 학습활동을 구성해야 한다.

둘째, 교육과정 개정에 따라 교과서의 개념 관계망의 개념군의 종류, 학습 내용 및 허브 개념이 바뀌었다. 교사들은 교과서에서 다루고 있는 생명의 연속성 내용이 어떤 하위 개념군으로 이루어져 있는지 파악하고 교육과정 개정에 따라 개념군을 이동한 개념들, 특히 허브 개념의 이동을 고려한 교수 학습활동을 준비할 필요가 있다.

셋째, 교육과정 개정에 따라 교과서의 주요 개념과 주요한 개념 간의 관계가 달라졌다. 주요 개념과 주요 관계는 교사가 생명의 연속성 내용을 설명할 때 반복해서 언급하는 내용이므로 교사는 주요 개념의 빈도 비율과 중심성의 변화를 이해하고 높은 빈도로 등장하는 관계들을 파악할 필요가 있다.

넷째, 교육과정 개정에 따라 2015 개정 과학과 교육과정에서 새롭게

도입된 핵심 개념들의 빈도 비율과 중심성 지수가 증가하였다. 그러나 핵심 개념 중 일부 개념은 개념의 중요도가 상대적으로 증가하였지만 빈도 비율과 중심성 지수가 여전히 낮아 주요 개념의 지위를 갖지 못하였다. 교사는 핵심 개념들 중 중요도가 낮아 주요 개념의 지위를 갖지 못한 개념들을 파악하여 교수학습 준비 과정에 반영할 필요가 있다.

본 연구를 통해 얻어진 과학과 교육과정의 개정 내용 분석 결과 및 교육과정에 따른 교과서의 개념 관계망 분석 결과는 교사들에게 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원의 주요 개념, 주요 관계 및 하위 개념군에 대한 개관을 제공함으로써 생명과학 학습 내용의 지식 구조를 보여줄 수 있다. 또한 교수학습 전략을 세우는데 기초 자료로 활용할 수 있으며, 2015 개정 교과서의 생명의 연속성 단원에 대한 연계성 분석의 기초 자료로도 활용될 수 있을 것이다.

VI. 후속 연구 과제

본 연구에서는 2009 개정과 2015 개정 과학과 교육과정의 내용을 비교 분석하고 교육과정 개정에 따른 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원 내용을 개념 관계망 분석 방법을 사용하여 분석하였다. 본 연구의 결과를 바탕으로 다음의 후속 연구들이 이루어질 수 있다.

첫째, 본 연구에서 분석된 과학과 교육과정의 개정 내용을 통해 생명과학 I 교과서의 다른 단원에 대한 내용 변화를 분석할 수 있다. 2015 개정 과학과 생명과학 I 교육과정은 다섯 가지 영역을 안내하고 있으며 이에 따라 생명과학 I 교과서도 다섯 단원의 내용으로 이루어져 있다. 생물의 유기적 구성, 물질대사, 항상성, 상호작용을 다루고 있는 다른 영역 및 단원에 대한 분석을 통해 생명과학 I 전체에 대한 분석 자료가 구성된다면 교사들의 생명과학 I에 대한 교수학습 활동 준비 과정에 중요한 기초 자료를 제시할 수 있을 것이다.

둘째, 2015 개정 교육과정의 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원에 대한 교사와 학생의 인지 구조를 분석할 수 있다. 본 연구에서는 교과서의 텍스트만을 분석 대상으로 하였으나 학생이나 교사로부터 만들어진 저작물이나 발화를 텍스트로 정리한 내용들을 통해 학생이나 교사의 생명과학 I 교과서의 생명의 연속성 단원에 대한 인지 구조를 분석할 수 있다. 교과서 내용과 학생 및 교사의 인지 구조를 비교하여 생명과학 I의 생명의 연속성 단원에 대한 교수학습 활동을 발전시킬 수 있는 중요한 시사점을 찾을 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 교육과학기술부 (2011). 과학과 교육과정. 교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 9].
- 교육부 (2015). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제2015-74호 [별책 9].
- 김미희, 박형용, 김영수 (2018). 식물의 영양에 대한 중학교 과학 교과서와 중학생의 개념 관계망 비교. 한국생물교육학회지, 46(1), 97-110.
- 김영수 (2010). 생물교육론. 서울: 서울대학교 사범대학 생물교육연구실.
- 김용학 (2015). 한국 대중가요의 의미 연결망. 대중서사연구, 21(1), 145-171.
- 남수경, 이근호, 송경오 (2010). 유·초·중·고등교육의 학교급간 연계교육 현황 진단. 교육과학기술부 연구보고.
- 박치성, 정지원 (2013). 기획논문: 텍스트 네트워크 분석: 사회적 인식 네트워크(socio-cognitive network) 분석을 통한 정책이해관계자 간 공유된 의미 파악 사례. 정부학연구, 19(2), 73-108.
- 박형용 (2016). 개념 관계망 분석을 통한 2009 개정 과학과 교육과정에 따른 교과서 생명 영역의 핵심 주제 및 연계성 분석. 박사학위논문. 서울대학교 대학원, 서울.
- 박형용, 김미희, 김영수 (2018). 중학교 과학 교과서와 교사의 강의 및 중학생의 개념 관계망 비교: 식물의 영양을 중심으로. 한국생물교육학회지, 46(3), 368-379.
- 안주현, 전상학 (2015). '생명의 연속성' 관련 개념의 통합적 이해를 위한 교육과정. 한국현장과학교육학회지, 9(3), 141-151.
- 이민지, 박형용, 김영수 (2018). 식물의 구조와 기능에 대한 초등학교 과학 교과서와 초등학생의 개념 관계망 비교. 한국생물교육학회지, 46(3), 330-345.
- 이재봉, 김용진, 백성혜, 이기영 (2010). 과학과 교육내용 개선을 위한 교육과정 내용 관련 쟁점 분석. 과학교육연구지, 34(1), 140-154.

- 이진경, 박형용, 김영수 (2017). 과학영재학교 생명과학 I 교과서와 교사 강의 내용의 개념 관계망 비교: 세포호흡 단원을 중심으로. 한국생물교육학회지, 45(4), 503-515.
- 최경희 (1997). 중학교 과학 교과서에 포함된 과학-기술-사회(STS) 내용, 활용 유형 및 포함정도 분석. 한국과학교육학회, 17(4), 425-433.
- 한국교육과정평가원 (2013). 인정 교과서 정책 개선 방안. 연구보고 RRT, 2013-6.
- Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. *Icwsn*, 8, 361-362.
- Carley, K. M. (1997). Network text analysis: The Network Position of Concepts. In C. W. Roberts (Ed.), *Text Analysis for the Social Sciences: Methods for Drawing Statistical Inferences from Texts and Transcripts* (pp. 79-100). NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Carley, K., & Palmquist, M. (1992). Extracting, representing, and analyzing mental models. *Social Forces*, 601-636.
- DeLeuil, L. (1998). *Transitivity, Metaphor and Modality: An Investigation of the Link Between Style and Constructivism in Science Text*. Curtin University of Technology.
- diSessa, A. A. (2013). A bird's-eye view of the "pieces" vs "coherence" controversy (from the "pieces" side of the fence). In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 31-48). NY: Routledge.
- Drieger, P. (2013). Semantic network analysis as a method for visual text analytics. *Procedia-social and Behavioral Sciences*, 79, 4-17.
- Freeman, L. C. (1977). A set of measures of centrality based on betweenness. *Sociometry*, 35-41.
- Kinchin, I. M. (2011). Visualising knowledge structures in biology:

- discipline, curriculum and student understanding. *Journal of Biological Education*, 45(4), 183–189.
- Moody, D. E. (1996). Evolution and the textbook structure of biology. *Science Education*, 80(4), 395–418.
- Newman, M. E. (2006). Modularity and community structure in networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(23), 8577–8582.
- Paranyushkin, D. (2011). Identifying the pathways for meaning circulation using text network analysis. Berlin: Nodus Labs. Retrived at: <http://noduslabs.com/research/pathways-meaning-circulation-text-network-analysis>.
- Popping, R. (2003). Knowledge graphs and network text analysis. *Social Science Information*, 42(1), 91–106.
- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and Literacy in Science Education*. UK: McGraw-Hill Education.
- Wilkins, A. J. (1971). Conjoint frequency, category size, and categorization time. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 10(4), 382–385.

Abstract

Comparison of Conceptual Networks in Biology I Textbooks under the 2009 and the 2015 Revised Science Curriculum: Focused on Continuity of Life

Lee, Ju-Youn

Biology Education Major

Department of Science Education

The Graduate School

Seoul National University

This research compared the 2009 and the 2015 revised science curriculum and analyzed the conceptual networks focused on continuity of life in biology I textbooks under the 2009 and the 2015 revised science curriculum. For the research, three biology I textbooks under each curriculum were chosen and the conceptual networks focused on continuity of life from them were made.

Research results are as follows:

First, the 2015 revised science curriculum about biology I sharpened focus on continuity of life by removing some contents and introducing core concepts and generalized learning. Also, many concepts and relations were expurgated through curriculum revision.

For these reasons, learning contents about continuity of life were diminished.

Second, the characteristics of concept clusters according to the conceptual networks focused on continuity of life in biology I textbooks were changed. This research found that some concepts, especially hub concepts moved among concept clusters through curriculum revision.

Third, main concepts and relations in biology I textbooks were changed through curriculum revision. Teachers need to understand the change of main concepts and relations in the textbook because they are repeatedly mentioned in class.

Fourth, frequency percentage and centrality of core concepts which are introduced under the 2015 revised science curriculum have increased. Some core concepts are main concepts in the textbook. However, other core concepts are not main concepts in the textbook. Teachers need to confirm differences among core concepts.

The research results can give directions about a teaching method to biology teachers by providing overview of continuity of life in biology I textbook. Also, these can be used as a point of reference for a linkage analysis focused on continuity of life in science textbooks under the 2015 revised science curriculum.

keywords : Science Curriculum, Textbook, Biology I , Continuity of Life, Conceptual Network

Student Number : 2014-22856